

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Metode untuk menyelesaikan penelitian yang akan dilakukan didukung pada penelitian terdahulu yang sekiranya mempunyai permasalahan yang sama dengan penelitian ini. Berikut daftar penelitian terdahulu yang menjadi referensi penulis yang akan dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

No.	Nama (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil
1.	Wijaya, Indra Dharma Rudy Ariyanto Nailil Fitria (2019)	IMPLEMENTASI IoT PADA SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN CABAI BERBASIS RASPBERRY PI DENGAN METODE FUZZY LOGIC	Sistem ini menerapkan Fuzzy Mamdani untuk mengintegrasikan data sensor DHT11 (suhu) dan soil moisture (kelembaban tanah), di mana proses fuzzifikasi mengubah input sensor menjadi variabel linguistik (seperti "panas" atau "kering"), kemudian inferensi menggunakan aturan IF-THEN (contoh: "Jika suhu panas DAN tanah kering, maka siram lama") menghasilkan durasi penyiraman optimal melalui defuzzifikasi. Hasilnya, sistem berhasil menyesuaikan penyiraman secara dinamis (misalnya 30 detik untuk tanah kering, 15 detik untuk tanah normal) dan memungkinkan monitoring via website.

			Namun, kekurangannya meliputi ketergantungan pada internet, jangkauan sensor terbatas (7-10 cm), serta belum ada fitur riwayat penyiraman atau kontrol manual yang lebih fleksibel.
2.	Mursalin, Satria Bimo Sunardi, Hastha Zulkifli, (2020)	Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy	Sistem ini menggunakan metode Fuzzy Sugeno untuk mengontrol penyiraman tanaman otomatis berdasarkan data dari dua sensor kelembaban tanah. Proses fuzzy melibatkan fuzzifikasi input ke dalam variabel linguistik ("Kering", "Lembab", "Basah"), inferensi dengan aturan IF-THEN (contoh: "Jika Sensor 1 kering DAN Sensor 2 kering, maka debit air Banyak dan PWM Cepat"), serta defuzzifikasi menggunakan output singleton (misalnya, 15 detik untuk durasi "Lama" atau 300 ml/s untuk debit "Banyak"). Hasilnya, sistem berhasil menyiram tanaman saat kelembaban tanah <45% dan mematikan pompa saat tanah sudah basah (>45%), dengan ketepatan sesuai aturan fuzzy. Namun, kekurangannya

			<p>meliputi tidak adanya antarmuka web untuk monitoring, ketergantungan pada hardware sederhana (Arduino dan LCD), serta tidak ada integrasi sensor suhu untuk memprediksi penguapan air, yang membatasi adaptasi sistem terhadap perubahan lingkungan.</p>
3.	Novianto, Alfian Dwi (2021)	Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic	<p>Sistem ini mengimplementasikan penyiraman otomatis tanaman mawar berbasis IoT menggunakan metode Fuzzy Logic dengan input dari sensor DHT11 (suhu) dan soil moisture (kelembaban tanah). Proses fuzzy melibatkan fuzzifikasi variabel linguistik (misal: suhu "25–30°C" dan kelembaban "20–50%"), inferensi berbasis aturan IF-THEN (contoh: "Jika suhu tinggi DAN tanah kering, maka siram BANYAK"), serta defuzzifikasi untuk menentukan kategori penyiraman (Banyak/Sedang/Sedikit/Tidak menyiram). Hasilnya, sistem berhasil menyesuaikan penyiraman secara real-time,</p>

			<p>seperti menyiram "Sedang" saat suhu 27°C dan kelembaban 42%, atau mematikan pompa saat kelembaban >50%. IoT dimanfaatkan melalui aplikasi Blynk untuk memantau data sensor dan notifikasi penyiraman via smartphone. Namun, kekurangannya meliputi ketergantungan pada platform Blynk (risiko downtime), tidak adanya fitur riwayat penyiraman atau grafik analisis, serta batasan jangkauan sensor yang belum diuji untuk skala luas.</p>
4.	<p>Zulfachmi, Zulfachmi Saputra, Aggry Juliadi (2023)</p>	<p>Monitoring Penyiraman Aglonema Lulaiwan Otomatis Berbasis IoT Dengan Sensor Soil Moisture dan DHT11 Menggunakan Aplikasi Telegram</p>	<p>Sistem ini mengimplementasikan penyiraman otomatis tanaman Aglaonema berbasis IoT menggunakan sensor Soil Moisture dan DHT11, dengan notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram. Proses kerjanya melibatkan pembacaan kelembaban tanah (jika <50%, pompa air aktif) dan suhu lingkungan oleh sensor, kemudian data dikirim ke NodeMCU ESP8266 untuk diproses dan dikontrol via relay. Hasilnya, sistem berhasil</p>

			<p>menyiram tanaman secara otomatis saat kelembaban rendah (contoh: pompa menyala pada kelembaban 44.51% dan suhu 30.7°C) serta mengirim notifikasi ke Telegram.</p>
5.	<p>Muttaqi, Bagas Ningsih, Pipin Widya A R (2024)</p>	<p>Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dalam Sistem Penyiraman Cerdas untuk Pertanian</p>	<p>Sistem ini mengimplementasikan penyiraman otomatis berbasis IoT untuk tanaman cabai menggunakan metode Fuzzy Mamdani dengan input dari sensor DHT11 (suhu) dan Soil Moisture YL-69. Proses fuzzy melibatkan fuzzifikasi variabel linguistik inferensi berbasis aturan IF-THEN serta defuzzifikasi menggunakan metode Center of Area (COA) untuk menghasilkan durasi penyiraman dalam detik. Hasil uji coba menunjukkan akurasi sistem sebesar 91,6%, dengan durasi penyiraman bervariasi sesuai kondisi lingkungan (contoh: 17,5 detik untuk suhu 32°C dan kelembaban 38%). Sistem juga terintegrasi dengan aplikasi Blynk untuk memantau data sensor dan jadwal penyiraman secara real-time.</p>

6.	Bayti Widya Rezky Nirmala, Irma Sari, Kartika (2024)	Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis pada Tanaman Pinang Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani	Penelitian ini mengembangkan sistem otomatis penyiraman dan pemupukan tanaman pinang berbasis logika fuzzy Mamdani, dengan memanfaatkan sensor DHT11, kelembaban tanah, dan pH tanah yang terintegrasi dengan Arduino Uno. Sistem ini memiliki relevansi praktis tinggi karena mampu mengoptimalkan pertumbuhan tanaman melalui pemberian air dan pupuk yang presisi, sekaligus mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia. Metodologi penelitian dijelaskan secara rinci, mencakup perancangan perangkat keras dan lunak, implementasi aturan fuzzy, serta pengujian sistem yang menunjukkan akurasi mencapai 93% untuk penyiraman dan 86% untuk pemupukan.
7.	Putri, Astriana Rahma Suroso Nasron (2024)	Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis pada Miniatur Greenhouse Berbasis IOT	Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan logika fuzzy yang memproses input dari sensor DHT11 (suhu/kelembaban udara) dan soil moisture sensor

			<p>untuk menentukan durasi penyiraman secara dinamis, menghasilkan output berupa kategori <i>mati</i>, <i>cepat</i>, <i>sedang</i>, <i>agak lama</i>, atau <i>lama</i>. Sistem IoT-nya memanfaatkan modul ESP8266 untuk mengirim data sensor ke web server secara real-time, memungkinkan monitoring jarak jauh melalui antarmuka web. Hasilnya menunjukkan bahwa integrasi fuzzy logic mampu mengoptimalkan penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan aktual, sementara IoT memberikan fleksibilitas kontrol dan pemantauan, meski belum diuji secara mendalam untuk stabilitas jangka panjang atau skala besar.</p>
8.	<p>Mukhamad Alfian, Deska Panji Sasmito, Agung Vendyansyah (2021)</p>	<p>Implementasi Logika Fuzzy Pada Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Berbasis Arduino</p>	<p>Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis Arduino dengan logika fuzzy Tsukamoto yang memproses input dari sensor DHT11 (suhu udara) dan soil moisture (kelembaban tanah) untuk menentukan durasi penyiraman dalam tiga kategori: <i>stop</i>, <i>short</i>, dan <i>long</i>. Sistem IoT-nya memanfaatkan</p>

			<p>modul Bluetooth HC-05 untuk mengirim data sensor ke aplikasi Blynk, memungkinkan monitoring real-time. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor DHT11 dengan error 0,81%, sementara soil moisture memiliki error 30,6% akibat perbedaan kalibrasi. Fuzzy logic berhasil mengoptimalkan penyiraman berdasarkan 9 aturan IF-THEN, seperti "IF Kelembaban=kering AND Suhu=tinggi THEN Durasi=long", dengan 82% pengguna menyatakan setuju/sangat setuju terhadap kinerja sistem.</p>
9.	Zulfachmi, Zulfachmi Saputra, Aggry Juliadi (2023)	Monitoring Penyiraman Aglonema Lulaiwan Otomatis Berbasis IoT Dengan Sensor Soil Moisture dan DHT11 Menggunakan Aplikasi Telegram	<p>Penelitian ini mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis untuk tanaman bawang merah berbasis Arduino dengan logika fuzzy yang memproses tiga parameter input: suhu udara (DHT-11), kelembapan tanah (YL-69), dan pH tanah. Sistem menggunakan 27 aturan fuzzy (contoh: "IF Suhu=Panass AND Kelembapan=Kering AND pH=Asam THEN</p>

			<p>Penyiraman="Sedikit") untuk mengklasifikasikan kebutuhan penyiraman menjadi tiga kategori: <i>off</i>, <i>sedikit</i>, atau <i>banyak</i>. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sistem mencapai 100% dalam mengambil keputusan penyiraman, dengan error sensor minimal (DHT-11: 1.05%, pH tanah: 1.76%, YL-69: 0%). Meskipun judul menyebut IoT, paper tidak menjelaskan integrasi IoT secara rinci (seperti platform cloud atau antarmuka remote), sehingga fokus utama tetap pada performa logika fuzzy dalam mengoptimalkan penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan.</p>
10.	Priyono, Andi Triadyaksa (2020)	Sistem penyiram tanaman cabai otomatis untuk menjaga kelembaban tanah berbasis esp8266	<p>Penelitian ini mengembangkan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT dengan ESP8266 yang mengontrol penyiraman berdasarkan data dari sensor kelembaban tanah (YL-69) dan suhu udara (DHT11). Sistem ini menggunakan aplikasi Telegram untuk memantau dan memberikan perintah penyiraman jarak jauh, serta</p>

			menampilkan informasi suhu, kelembaban, dan kelembaban tanah pada LCD. Hasilnya, sistem mampu melakukan penyiraman otomatis ketika kelembaban tanah kurang dari 50% dan menerima perintah penyiraman manual melalui Telegram.
--	--	--	---

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu pada Tabel 2.1, mayoritas sistem penyiraman otomatis berbasis IoT telah berhasil menerapkan metode Fuzzy Logic untuk menentukan durasi penyiraman berdasarkan data dari sensor suhu dan kelembaban tanah, namun masih memiliki keterbatasan seperti tidak adanya fitur riwayat penyiraman, kontrol manual, serta integrasi sensor yang tidak mempertimbangkan hubungan fungsional antara suhu dan kelembaban sebagai satu kesatuan keputusan. Penelitian ini mengatasi kekurangan tersebut dengan merancang sistem IoT berbasis website yang tidak hanya mengintegrasikan sensor DHT22 dan soil moisture menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani secara kontekstual (di mana suhu mempengaruhi estimasi penguapan kelembaban), tetapi juga menyediakan fitur riwayat penyiraman, kontrol manual untuk nutrisi, serta tampilan grafik real-time yang informatif. Selain itu, penelitian ini juga memiliki keunggulan pada aspek evaluasi performa melalui uji coba efisiensi yang komprehensif, sebagaimana dijelaskan pada subbab 2.7, dengan membandingkan sistem penyiraman otomatis dan manual berdasarkan parameter-parameter seperti konsumsi air, tinggi tanaman, jumlah buah, frekuensi penyiraman, serta kondisi fisik tanaman. Dengan pendekatan ini, sistem mampu memberikan penyiraman yang lebih akurat, efisien, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan, serta mendukung petani dalam pengambilan keputusan berbasis data secara berkelanjutan.

2.2. Budidaya Cabai Rawit

Pemahaman menyeluruh terhadap budidaya cabai rawit, khususnya dalam mencegah serangan penyakit keriting daun, menjadi fondasi penting dalam upaya peningkatan produktivitas pertanian berbasis hortikultura di wilayah pedesaan. Budidaya cabai rawit

merupakan kegiatan pertanian yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan dibutuhkan secara luas oleh rumah tangga, industri, hingga sektor kuliner. Namun, keberhasilan budidaya ini sangat tergantung pada pengelolaan lahan, pemilihan benih, serta tindakan pencegahan terhadap Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), khususnya virus penyebab daun keriting yang ditularkan oleh kutu kebul (*Bemisia tabaci*)

2.3. Mikrokontroler ESP8266

Mikrokontroler ESP8266 adalah perangkat dengan konektivitas Wi-Fi terintegrasi yang berfungsi sebagai pusat kendali dalam proyek ini. Perangkat ini menghubungkan berbagai sensor dan perangkat lainnya untuk memproses dan mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi. Program yang diunggah ke ESP8266 berjalan langsung dari memori *on-chip*, sehingga memungkinkan perangkat beroperasi secara mandiri tanpa memerlukan komputer eksternal. Dengan tegangan operasional sekitar 3,3 volt, ESP8266 memiliki efisiensi tinggi dan hemat daya, menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi. Mikrokontroler ini juga mendukung kemudahan pemrograman melalui platform seperti Arduino IDE. Mikrokontroler ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. ESP8266

2.4. Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah sensor digital yang dirancang untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dengan akurasi yang cukup baik. Sensor ini mampu memberikan keluaran data dalam bentuk digital, sehingga mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP8266. Dengan rentang pengukuran suhu antara 0°C hingga 50°C dan kelembapan antara 20% hingga 90%, DHT22 cocok digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem monitoring lingkungan. Sensor ini juga memiliki waktu respon yang cepat dan konsumsi daya yang rendah, sehingga efisien untuk penggunaan berkelanjutan. Gambar DHT22 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. DHT22

2.5. Sensor Soil Moisture Hygrometer

Sensor Soil Moisture Hygrometer adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah secara real-time. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan konduktivitas listrik di dalam tanah, di mana tingkat kelembapan yang lebih tinggi akan meningkatkan konduktivitas tersebut. Data dari sensor ini dikirim ke mikrokontroler untuk diproses dan dianalisis. Penggunaan sensor ini sangat bermanfaat dalam sistem irigasi otomatis, karena memungkinkan penyesuaian jumlah air yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air. Sensor ini dilengkapi dengan dua pin probe logam yang ditanamkan ke dalam tanah untuk mengukur kadar air, dan biasanya beroperasi pada tegangan 3,3V hingga 5V, sehingga kompatibel dengan mikrokontroler seperti ESP8266 dapat dilihat di Gambar 2.3.

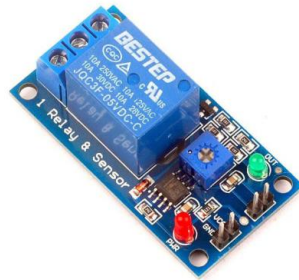


Gambar 2.3. Soil Moisture Hygrometer

2.6. Relay

Relay adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh sinyal listrik bertegangan rendah dari mikrokontroler, seperti ESP8266. Komponen ini memungkinkan pengendalian perangkat bertegangan tinggi, seperti pompa air

dalam sistem irigasi otomatis, tanpa memerlukan intervensi manual. Ketika kumparan relay menerima arus listrik, medan magnet yang dihasilkan akan memindahkan kontak saklar untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik ke perangkat yang terhubung. Relay biasanya beroperasi pada tegangan 5V atau 12V dapat dilihat di Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Relay

2.7. Water Pump

Pompa air, atau water pump, adalah perangkat yang digunakan untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain, sering digunakan dalam sistem irigasi otomatis. Dalam proyek ini, pompa air dihubungkan dengan relay yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP8266, yang akan mengaktifkan atau mematikan pompa berdasarkan data kelembapan tanah yang diterima dari sensor Soil Moisture. Pompa air ini mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk memompa air ke tanaman secara otomatis, menjaga kelembapan tanah sesuai dengan kebutuhan. Pompa air yang digunakan dalam sistem irigasi otomatis ini biasanya memiliki daya rendah dan beroperasi pada tegangan 5V atau 12V dapat dilihat di Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Water Pump